

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-010364

(43)Date of publication of application : 19.01.1999

(51)Int.Cl.

B23K 20/12
B23K 37/08
// B23K 31/00
B23K 37/06

(21)Application number : 09-171473

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 27.06.1997

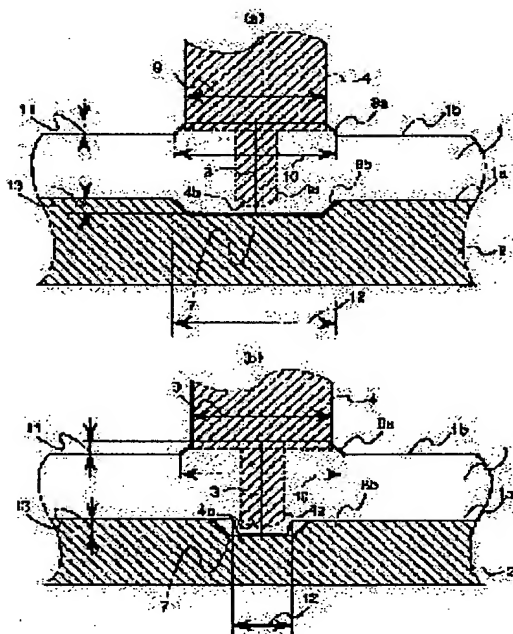
(72)Inventor : SATO AKIHIRO
FUNYU MASAO
OKAMURA HISANOBU

(54) FRICTION WELDING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable removal of a recessed part formed in a joint surface and non-joining part developed on the back surface from the inner part of a machining member by rejecting a projection and also, to enlarge variable tolerance range of the inserting depth of a rotary tool during joining, by arranging the projections on the front and the back surfaces of the joining part of the machining member inserting the rotary tool.

SOLUTION: The projections 8a, 8b having 0.5-3 mm height are arranged on the front and the back surfaces 1b, 1a of the joining part of the machining member 1. Further, each of the projection widths 10, 12 is the same as or larger than a shoulder diameter 9 of the rotary tool 4 at the front surface 1b side of the machining member and is larger than the diameter of the rotary tool tip part 4a at the back surface 1a side. At the time of joining, a backing metal 2 having reverse trapezoidal groove 7 is used and the rotary tool tip part 4a is penetrated to the back surface 1a of the machining member along a button surface 3 of the machining member 1 and inserted to the inner part of the projection 8b at the lower part and rotated and joined by plastic-fluidizing the joining surface 3. Then, if necessary, the formed penetrating bead is cut-removed or the non-joined part is eliminated with an arc-welding, etc.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 27.11.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]	3317192
[Date of registration]	14.06.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2001-23161
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	26.12.2001
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-10364

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月19日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

B 2 3 K 20/12
37/08

B 2 3 K 20/12
37/08

A

D

Z

// B 2 3 K 31/00
37/06

31/00

D

37/06

C

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-171473

(22) 出願日

平成9年(1997) 6月27日

(71) 出願人

000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者

佐藤 章弘

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者

舟生 征夫

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者

岡村 久宜

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人

弁理士 小川 勝男

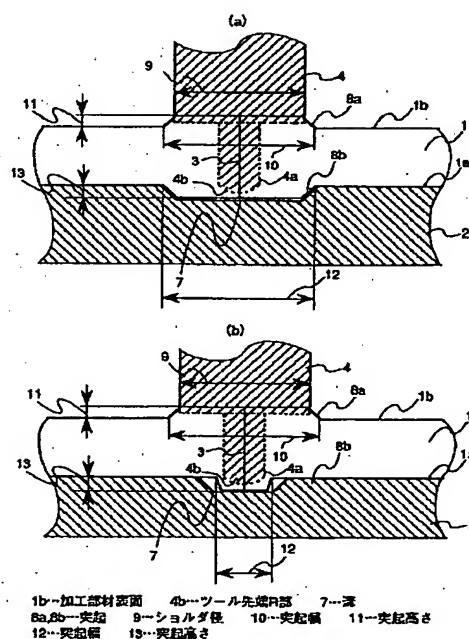
(54) 【発明の名称】 摩擦溶接方法

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、加工部材の溶接部全体を溶融させることができ、未溶融部のない摩擦溶接方法を提供するにある。

【解決手段】ショルダ部と前記ショルダ部より細いネジ部からなる回転ツールを加工部材の溶接部に挿入し、前記ツールを回転させながら移動することにより、金属の塑性流動を利用して溶接する摩擦溶接方法において、加工部材の溶接部近傍の表裏両面が他の部位よりも高く突起状に形成されていることを特徴とする摩擦溶接方法。

図 3



【特許請求の範囲】

【請求項1】ショルダ部と前記ショルダ部より細いネジ部からなる回転ツール（以下、ツールと略す）を加工部材の溶接部に挿入し、前記ツールを回転させながら移動することにより、金属の塑性流動を利用して溶接する摩擦溶接方法において、加工部材の溶接部近傍の表裏両面が他の部位よりも高く突起状に形成されていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項2】請求項1に記載の加工部材表面の突起の幅は、ショルダ径と同等又はショルダ径以上で、かつ突起の高さは0.5～3mm以内であることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項3】請求項1に記載の加工部材裏面の突起の幅は、ツール先端径以上で、かつ突起の高さは0.5～3mm以内であることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項4】請求項1～3のいずれかに記載の溶接継手構造の表面及び裏面の突起部の片方、または両方は前記摩擦溶接後、機械的に削除されることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項5】請求項1～3のいずれかに記載の溶接継手構造の表面及び裏面の突起部の片方、または両方は溶接後、アーク溶接等により溶融溶接されることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項6】請求項1において、前記加工部材の裏面に配置される裏当て板はツールの直下に溝が設けられていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項7】請求項6において、前記ツールの先端が前記加工部材の溶接部裏面を貫通し、前記加工部材の溶接部裏面と前記当て板との間に形成された溝の内部を移動しながら溶接することを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項8】請求項6において、前記裏当て板の溝の形状は前記回転ツールの先端形状と同一形状に形成されていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項9】請求項7又は8により摩擦溶接された溶接部裏面を溶融溶接することを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項10】請求項7又は8により溶接された溶接部裏面を機械的に削除することを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項11】請求項6において、前記裏当て板の溝の幅は、前記ツールのピン径に対して1～5mm大きく形成されていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項12】請求項6において、前記裏当て板の溝の幅が、溶接に使用するツールのピン径に対して1～2mm小さく形成されていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項13】請求項6において、前記溝の形状は下方に向かって溝幅が小さくなっていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項14】請求項6において、裏当て板の溝周辺、あるいは前記裏当て板全体を強制的に冷却する機構を備えていることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項15】請求項6において、溝の中央、あるいは前記溝のほぼ中央から溶接進行方向に対して左右に分割できる機構を備えている裏当て板を用いることを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項16】請求項1～15のいずれかに記載の方法により製作された車両構体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は新規な摩擦溶接方法に関し、特に金属の固相接合法によって、船舶や自動車、航空、エレベータ、圧力容器などアルミニウム合金を使用する構造体の溶接方法に係るものである。

【0002】

【従来の技術】ツールを用いた摩擦溶接方法として、特表平7-505090号が公知である。この特表平7-505090号による摩擦溶接方法では、加工部材より実質的に硬い材質からなるツールを加工部材の溶接部に挿入し、前記ツールを回転させながら移動することにより、溶接長手方向に連続的に溶接が可能である。特表平7-505090号の溶接部裏面には、塑性流動によって溶接部裏面に形状の変化をきたすことのない様、前記溶接部裏面全体に裏当て板を配置している。つまり、溶接部裏面の形状は溶接後も同一である。また、ツールを回転させながら移動するため、ツールによって溶接部表面が機械的に切削され、溶接部の表面に凹みが生じる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】前記摩擦溶接方法を実際の工業製品に適用する場合、次のような課題がある。

（1）ツールを回転させながら移動するため、ツールによって溶接部表面が機械的に切削され、溶接部の表面に凹みが生じる。

【0004】（2）加工部材の溶接部において、溶接部に挿入されたツールの先端から0.2mm程度しか、深さ方向に対しては溶け込みが得られない。このため、溶接部の裏面に未溶融部（溶込み欠陥）が生じる。溶接部裏面に未溶融部を発生させずに溶接部裏面まで溶接を行うには、溶接部に挿入されたツール先端と加工部材裏面または裏当て板との距離を、常に0.2mm以下に制御する必要がある。しかし、溶接部に挿入されたツール先端との距離を、常に0.2mm以下に制御するのは、長尺物を溶接する場合は特に困難である。

【0005】（3）ツール先端が溶接部を貫通した状態で溶接を行った場合、溶接部裏面に配置した裏当て板にツール先端が接触するため、ツール、あるいは裏当て板が破損する。また、溶接部裏面にも欠陥が発生する。さらに、加工部材と裏当て板が接合されることもある。

【0006】図1は従来の溶接方法を示した図である。従来の方法では加工部材1が裏当て板2上に、図のように配置されている。ツール4を回転させながら加工部材1の接合線3に挿入、加工部材1を貫通する直前まで挿

入する。この時のツール先端4aと加工部材1の裏面1aとの距離は、通常0.2mm以下である。この状態で溶接方向へ移動して溶接する。この方法ではツール先端4aは溶接中、常に加工部材1の裏面1aよりも上を移動しなくてはならない。つまり、従来の溶接方法では、ツール先端4aが加工部材1の裏面1aを貫通してはならない。ツール先端4aが加工部材1を貫通した場合、裏当て板2及びツール4が破損してしまう。また、加工部材1の裏面に欠陥が生じる。

【0007】図2は溶接後の溶接部断面を示した図である。従来の方法では、溶接部表面が凹んでしまう。また、ツール4の先端4aが加工部材1の裏面1aを貫通した状態では溶接を行うことができない。ツール先端4aを加工部材1の裏面1aに達する直前で保持する必要がある。しかし、加工部材1が長尺の場合などは溶接部の厚さが一定ではない。このため、溶融部5の下から加工部材1の裏面1aに達する範囲で、未溶融部6が発生してしまう。溶接条件によっても異なるが、ツール4の先端4aから0.2mm程度しか溶け込みが得られない。従って、未溶融部6の発生を防止するには、ツール4の先端4aと加工部材1の裏面1aとの距離を常に0.2mm以下に制御しなくてはならない。この制御を工業的に行うことは極めて困難である。

【0008】本発明の目的は、加工部材の溶接部全体を溶融させることができ、未溶融部のない摩擦溶接方法を提供するにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

(1) 加工部材の溶接部近傍の表裏両面を、他の部分よりも高く、突起状に形成することにより、ツール先端を加工部材の裏面より下まで挿入させることができる。また、溶接部表面の凹みを加工部材表面よりも上部に形成させることができる。

【0010】(2) 加工部材の裏面に配置した裏当て板の溶接部直下に溶接線に沿って溝を設けることにより、加工部材と裏当て板との接触を防止できる。また、加工部材の裏面に配置した裏当て板の溶接部直下に溶接線に沿って溝を設けることにより、ツール先端を溶接部裏面から貫通させて溶接することができる。

【0011】前記(1)の手段により、溶接部近傍のみ加工部材表面を突起状に形成することで、溶接部表面に生じる凹みは加工部材表面より上の突起部に形成され、加工部材内から排除される。また、溶接部近傍のみ加工部材裏面を突起状に形成することでツール先端を加工部材裏面よりも下へ挿入することができ、ツール先端より下に発生する未溶融部分は突起部に形成され、加工部材内から排除される。

【0012】前記(2)の手段により、溶接の課程でツールの挿入方向に対して局部的に500~2000kgfの大きな荷重がかかる。このため、溶接中に塑性流動し

た金属が、溶接部裏面に設けられた溝に押し込まれる。その結果、溶接部裏面に前記溝と同一形状の裏波が形成される。

【0013】上記手段によりツール先端を溶接部裏面から貫通させて溶接を行うことができる。これにより、溶接部裏面に発生する未溶融部を排除することができる。また、ツール先端が貫通した場合でも、加工部材及びツール先端を破損させることなく溶接することが可能となる。さらに、加工部材と裏当て板が接合されることなく溶接を行える。

【0014】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 以下、本発明をアルミニウム合金の突き合わせ溶接に適用した場合の実施例を図面を用いて具体的に説明する。

【0015】図3(a)及び(b)は溶接部近傍の表裏両面が突起状に形成された加工部材の溶接方法を示した図である。加工部材表面の突起は溶接部表面の凹みを防止するためのものである。この突起幅10は、実験による経験では本溶接に使用するツール4のショルダ径9よりも小さくした場合には溶接部表面に欠陥が発生しやすい。突起幅10がショルダ径9と同一、あるいはショルダ径以上では欠陥のない溶接部が得られているため、本実施例では突起幅10をショルダ径9と同等、あるいはショルダ径9以上とした。また、突起高さ11は、ショルダ径9によって異なるが、ツール4の傾斜によるショルダ径9と加工部材表面との隙間とはほぼ同じ高さにするのが望ましい。現状では0.5~3mmであれば問題ない。ツール挿入の際には、ショルダが加工部材表面まで到達しないようにツール4を挿入する。

【0016】加工部材裏面の突起は溶接部裏面の未溶融部を排除するためのものである。したがって、ツール先端は加工部材裏面を貫通して突起の内部まで挿入される。ツール先端を裏面の突起まで挿入するため、図3(a)のように突起幅12は溶接に使用するツール4のツール先端4aよりも大きくする必要がある。突起高さ13は使用するツール4のツール先端4aの寸法によって異なるが、ツール先端R部4b全体が突起内部に到達するまでツール4を挿入することから、0.5~3mmとしている。

【0017】図3(b)のように加工部材裏面の突起幅がツール先端4a以下では、溶接中、ツール4による塑性流動で突起全体が攪拌され良好な溶接部が得られない。

【0018】(実施例2) 図4は溶接後に溶接部近傍の突起を削除した状態を示した図である。本溶接方法で発生する溶接部表面の凹みは、実施例1により突起8aに形成される。溶接後、この突起8aをグラインダ等で加工部材表面1bまで切削することで加工部材表面1bと同一の高さにできる。加工部材裏面の未溶融部6は突起

8bに形成される。溶接後、この突起8bをグラインダ等で加工部材裏面1aまで切削することで未溶融部6を加工部材1から排除でき、加工部材裏面1aと同じ高さにすることができる。

【0019】(実施例3)図5は溝付の裏当て板を用いた場合の溶接方法を示した図である。本溶接方法では、図5(a)及び(b)に示すように、裏当て板2に設けた溝7を加工部材1の溶接面3の直下に配置する。なお、ツール4の先端が加工部材1の裏面を貫通するまでツール4を挿入して溶接を行う。

【0020】図5(b)では加工部材の溶接部表面に突起8aが形成された加工部材を示す。本溶接方法では、溶接部において、加工部材の一部を裏当て板2に設けた溝7に塑性流動させている。溶接中、溶接部表面は部材がツール4の押し付け力により下方へと押されて塑性流動しているため、溝に金属が充填されると、溶接部表面では逆に金属が減少する。そのため溶接後の表面は凹状になる。予め溶接部表面に突起8を形成しておくことで、この突起8aにより溝の内部に充填される金属を補うことができる。

【0021】図6は、本発明を用いて溶接を行った加工部材の溶接部周辺を断面で示した図である。加工部材1の溶接部直下に溝を設けることで、溶接部裏面に裏波を形成することができる。また、ツール4の先端4aを加工部材1の裏面1aから貫通させて溶接することができるため、図2で示した位置に未溶融部が発生することはない。つまり、未溶融部を加工部材1内部から排除できる。本方法においても、溶接条件によっても異なるが、ツール4の先端4aから0.2mm以上の下方では未溶融部が発生する。しかし、未溶融部の発生は加工部材1の裏面よりも下方、裏波14内部である。

【0022】図7は、本発明により形成された裏波をグラインダ、又は切削などにより機械的に除去した状態を断面で示した図である。本発明では、前述したように裏波14内部に未溶融部が発生する。そこで、溶接終了後に加工部材1の裏面に形成された裏波14を、図6に示すように加工部材1裏面まで削除することで未溶融部を完全に排除することが可能である。

【0023】(実施例4)図8は実施例1で示した摩擦溶接方法で接合された加工部材の接合部裏面を、アーク又はレーザなどの熔融溶接方法により再度、溶接した状態を断面で示した図である。本発明では、ツール4を加工部材1から貫通させることができるため、溶け込み不足による未溶融部の発生を従来の位置から排除できる。しかし、本発明により溶け込み不足が大きく改善される期待は小さい。したがって、本発明により形成されたFSWによる溶接部15の裏波部分に未溶融部が生じる場合がある。そこで、本発明により形成された裏波を、アーク又はレーザなどの熱源を用いて再度溶接し、アーク溶接による溶接部16を形成することで未溶融部を排除し

た。本実施例では溶接箇所が突出しているため、溶融させる範囲が極めて少ないため低入熱で溶融させることが可能であり、他の溶接方法に比べ溶接後の変形を小さくすることができる。また、フィラーワイヤを使用することなく溶接できる。

【0024】(実施例5)本発明の特徴である裏当て板について、本実施例では以下に示す形状あるいは構造の物を幾つか用いて溶接を行った。

【0025】図9は、本溶接で使用した裏当て板の溝周辺部を断面で示した図である。図9(a)及び(b)に示すように、溝7の幅が下方に向かって小さくなる。これは、溶接後に加工部材を裏当て板から取り外す作業を容易にするためである。図9(c)は溝7の中央から左右に分割が可能な構造の裏当て板である。この構造を用いることでも、溶接終了後に加工部材1に形成された裏波14を、裏当て板から容易に取り外すことができる。

【0026】(実施例6)図10は、溝周辺に冷却構造を備えた裏当て板を断面により示した図である。図に示すように溝7の周辺、裏当て板2の内部に溶接方向に向かって冷却口17を設け、溶接中、この冷却口17に水を循環させることで溝7周辺を冷却させた。この方法でも、加工部材の取り外しが容易になった。なお、冷却口17には、水以外にも、圧縮空気などでも目的を達成できる。

【0027】(実施例7)図11は溝幅とツール先端との関係を示した図である。つまり、図11(a)はツール先端の径に対して溝幅が小さい場合、図11(b)はツール先端の径に対して溝幅が大きい場合の溶接時の位置関係を示している。図11(a)では、溝幅18に対してツール先端の径19が大きい。従って、ツール先端4aを溝7の内部まで挿入することはできない。従来のツール先端4aは球面状に形成されているが、更にテーパ状にすることでツール先端4aが溝7の内部に達するようにしている。この時、裏当て板の溝幅18はツール先端径19より1~2mm小さい程度が望ましい。

【0028】図11(b)では、溝幅18がツール先端径19よりも大きい。この場合、ツール先端4aを溝7の内部まで挿入することができる。しかし、必要以上に溝幅18が大きくなると、裏波と加工部材裏面との境界部分に欠陥が発生してしまう。そこで、本実施例では溝幅18をツール先端径19に対して1mm大きく、最大でも5mmまでに限定した。

【0029】(実施例8)本発明を鉄道車両に適用した例について説明する。図12は鉄道車両の一部を斜視図で示した図であり、本実施例は、図12に示す鉄道車両構体の溶接箇所20の一部に使用した。

【0030】図13は鉄道車両の構体での本発明の実施方法を示した断面図である。接合部材は押し出し型材21、22、23である。型材21、22、23を裏当て

板2上に配置、溶接線の直下が溝7になるようにして拘束する。型材の拘束は万力や装置で上方から裏当て板2に押さえることによって行う。材質はSi量が0.4～0.9wt%、Mg量が0.4～0.8wt%を主組成とするアルミニウム合金である。溶接終了後に溶接部裏面に形成された裏波をグラインダで切削した。なお、本実施例での溶接条件は、ツールの回転数1800rpm、溶接速度600mm/minであり、長さ3mの溶接部に適用した。

【0031】(実施例9) 図14は溶接部近傍の表裏両面に突起が形成された鉄道車両の構体での実施方法を示した断面図である。接合部材は押し出し型材24、25である。型材24、25を裏当て板2上に配置、溶接線の直下が溝7になるようにして拘束する。型材の拘束は万力や装置で上方から裏当て板2に押さえることによって行う。材質はSi量が0.4～0.9wt%、Mg量が0.4～0.8wt%を主組成とするアルミニウム合金である。溶接終了後に溶接部近傍の表裏両面の突起をグラインダにより削除した。なお、本実施例での溶接条件は、ツールの回転数1000rpm、溶接速度400mm/minであり、長さ2mの溶接部に適用した。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、下記に示す効果が得られる。

【0033】(1) 加工部材の溶接部近傍の表裏両面に突起を形成することで、溶接部表面の凹み及び溶接部裏面の未溶融部は突起内部に発生し、溶接後に突起を削除することで加工部材内部から排除できる。

【0034】(2) 裏当て板に溝を設け、この溝を加工部材の溶接部直下に配置することで、ツールが接合部裏面を貫通した場合でもツール及び裏当て板が破損するのを防止できる。

【0035】(3) 常時、ツールを貫通させて溶接が行えるため、加工部材の溶接部全体を溶融させることが可能になる。さらに、溶接によって形成された裏波を削除することで、溶接部裏面に発生していた未溶融部分を排除することができる。

【0036】(4) ツールを貫通させて溶接を行えるた

め、溶接中にツール挿入深さの変動する許容値が従来の方法に比べ拡大した。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の溶接方法を示した図である。

【図2】溶接後の溶接部断面を示した図である。

【図3】溶接部近傍の表裏両面が突起状に形成された加工部材の溶接方法を示した図である。

【図4】溶接後、表裏両面の突起を削除した状態を示した図である。

【図5】本発明による溶接方法を示した図である。

【図6】本発明により溶接された加工部材の溶接部を断面により示した図である。

【図7】本発明により形成された裏波を除去した状態を断面により示した図である。

【図8】本発明により溶接された加工部材の溶接部裏面をアーク又はレーザ等の溶融溶接方法により再度、溶接した状態を断面により示した図である。

【図9】本溶接で使用した裏当て板の溝周辺部を断面で示した図である。

【図10】溝周辺に冷却構造を備えた裏当て板を断面により示した図である。

【図11】溝幅とピン径との関係を示した図である。

【図12】鉄道車両の構体を示した斜視図である。

【図13】鉄道車両の構体に本発明を適用した実施方法を示した断面図である。

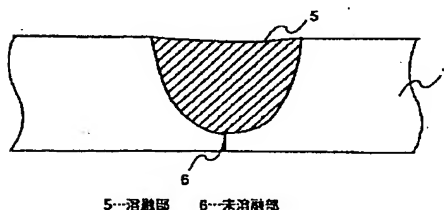
【図14】溶接部近傍の表裏両面に突起が形成された鉄道車両の構体での実施方法を示した断面図である。

【符号の説明】

1…加工部材、1a…加工部材裏面、1b…加工部材表面、2…裏当て板、3…溶接面、4…ツール、4a…ツール先端、4b…ツール先端R部、5…溶融部、6…未溶融部、7…溝、8a、8b…突起、9…ショルダ径、10、12…突起幅、11、13…突起高さ、14…裏波、15…FSWによる溶接部、16…アーク溶接による溶接部、17…冷却口、18…溝幅、19…ツール先端径、20…溶接箇所、21、22、23、24、25…押し出し型材。

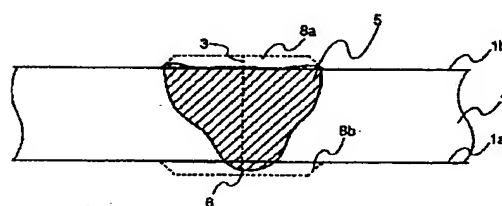
【図2】

図 2



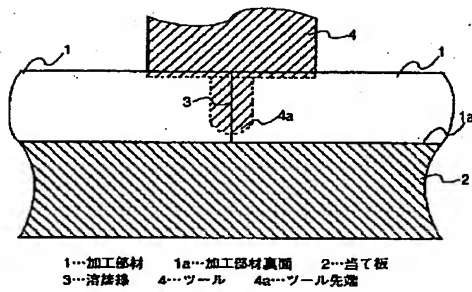
【図4】

図 4



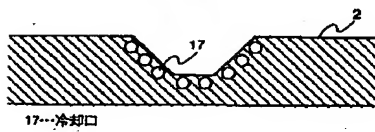
【図1】

図 1



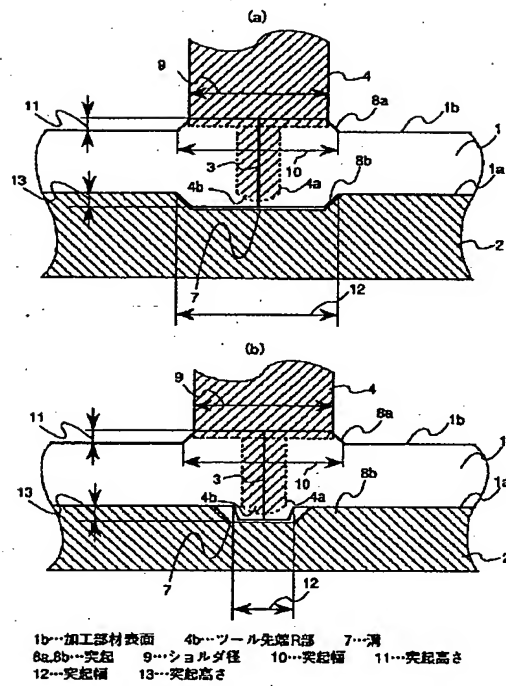
【図10】

図 10



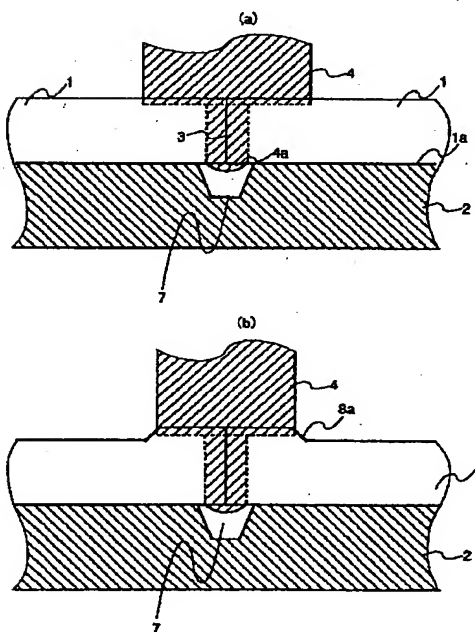
【図3】

図 3



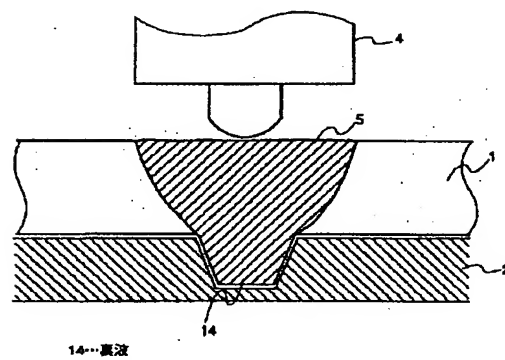
【図5】

図 5



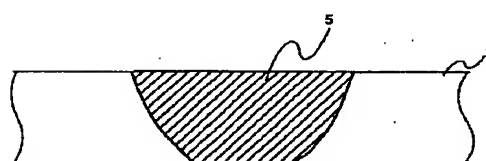
【図6】

図 6



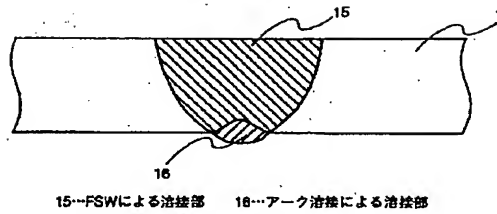
【図7】

図 7



【図8】

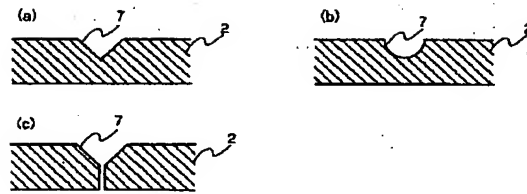
図 8



15…FSWによる溶接部 16…アーク溶接による溶接部

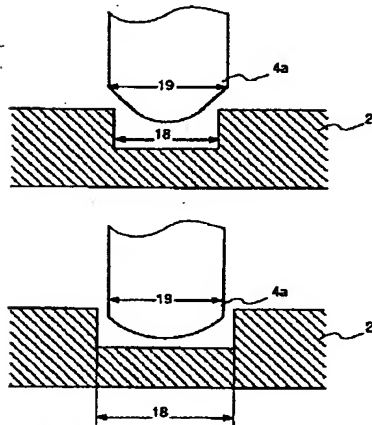
【図9】

図 9



【図11】

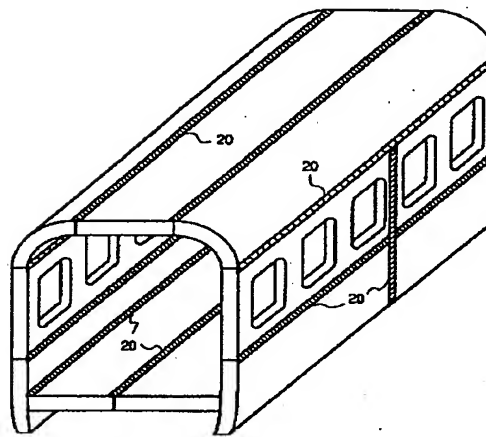
図 11



18…溝幅 19…ツール先端径

【図12】

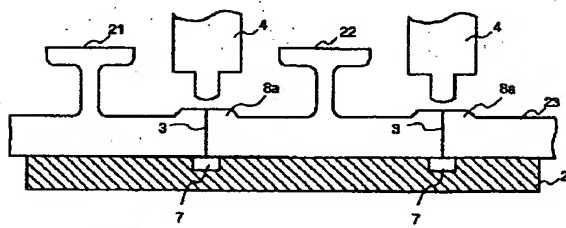
図 12



20…溶接箇所

【図13】

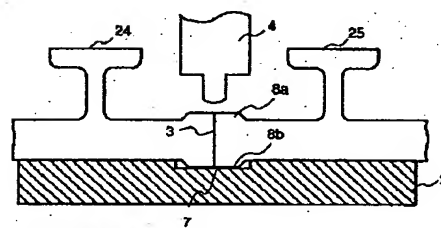
図 13



21-23…押し型材

【図14】

図 14



24,25…押し型材

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.